

Isolierte Mikro- und Megaskleren von Porifera aus dem Untercampan von Höver
(Norddeutschland) und Bemerkungen zur Phylogenie der Geodiidae
(Demospongiae)

Isolated poriferan micro- and megascleres from the lower Campanian of Höver
(northern Germany) and remarks on the phylogeny of the taxon Geodiidae
(Demospongiae)

von GABRIELE GRUBER und JOACHIM REITNER

Zusammenfassung:

Im Rahmen von Untersuchungen an mesozoischen Kieselschwämmen konnten erstmalig aus dem Untercampan der Grube "Alemania Höver" bei Hannover Mikroskleren von Porifera nachgewiesen werden. Es handelt sich um Mikroskleren der Poecilosclerida (Chelen, Diancister, Toxa), der Tetractinellida (Sterraster/Rhaxe, Oxyaster) und der Hexactinellida / Amphidiscophorida (Hemidiske). Sterraster Mikroskleren werden erstmals aus dem Unterkambrium von Südaustralien beschrieben und mit der jurassischen Form *Rhaxella perforata* HINDE verglichen. Außerdem wurden eine Reihe von monaxonen Megaskleren unterschiedlicher Demospongiae-Taxa gefunden (Strongyle, Oxen, Subtylostyle, Criccoamphioxe).

Abstract:

From the lower Campanian of the quarry "Alemania Höver" a lot of sponge spicules mainly microscleres are described. This discovery is the first record of microscleres from this outcrop. These microscleres are related to the demosponge taxa Poecilosclerida (chela, diancistra, toxa), Tetractinellida (sterraster, oxyaster) and the hexactinellid taxon Amphidiscophorida (hemidisc). Sterraster microscleres are firstly reported from the lower Cambrian of South Australia. These spicules, and the Cretaceous ones, are compared with the taxon *Rhaxella perforata* HINDE. Beside these microscleres some monaxonic demosponge megascleres (strongyles, oxea, subtylostyles, criccoamphioxea) are collected also.

Key words: Porifera - isolated spicules - Cretaceous - Cambrian - Germany - Australia

1. Einleitung

Mikroskleren von Porifera sind im fossilen Bericht selten überliefert, mit Ausnahme der großen Sterraster der Geodiidae. Mikroskleren spielen bei der Rekonstruktion von phylogenetischen Zusammenhängen eine erhebliche Rolle, da sie oft Autapomorphien von monophyletischen Gruppen dar-

stellen. Deshalb ist es notwendig, jeden Fund zu dokumentieren. Mikroskleren aus oberkretazischen Sedimenten Norddeutschlands sind bisher nur von SCHRAMMEN (1924) aus den *Ortmannia*-Knollen von Misburg und von GASSE (1985, 1988) aus dem Coniac und Campan des Münsterlandes beschrieben worden. Aus der norddeutschen Unterkreide wurden von KRÜGER (1978) einige Mikroskle-

ren beschrieben.

Wichtige Arbeiten zu isolierten Schwammsklern älterer Sedimente finden sich u.a. bei GEYER (1958), REIF (1967) und MOSTLER (1976, 1990 a, b).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die aufgefundenen Spikula - Typen vorgestellt und ihre taxonomische Verwertbarkeit diskutiert.

2. Material und Methoden

Es wurden von sekundär verkieselten lithistischen Demospongiae aus der Grube **Alemania** bei Höver kleine Stücke (etwa 1 cm³) in 3 % iger HCL aufgelöst und der Rückstand gewaschen. Dies erfolgte mit Hilfe einer oben geöffneten Dose, die von einer Gaze mit einer Maschenweite von 5 µm abgedeckt wird. Der nötige Druck wurde über eine Wasserstrahlpumpe, die an die Dose angeschlossen werden kann, erzeugt. Falls Skleren vorhanden sind, können diese von der getrockneten Gaze aufgelesen werden.

Als Vergleich konnten wir unterkambrisches Material aus der Flinders Range, Wirrealpa-Mine (S-Australien) untersuchen, das ein Verfasser (J.R.) 1988 dort gesammelt hat. Jurassisches Typmaterial von HINDE wurde uns vom Britischen Museum (Natural History) zur Verfügung gestellt.

3. Beschreibung der Sklerentypen

3.1. Mikrosklern

a. Sterraster syn. Rhaxe

(Taf. 1, Fig. 1, 2; Taf. 3)

Sterraster zeigen eine bohnenförmige Gestalt mit einer Einschnürung senkrecht zur Längsachse. Diese Gestalt entsteht dadurch, daß der Zellkern der Sklerozyte einen Eindruck am Rand der entstehenden Mikrosklere hinterläßt. Die Länge beträgt etwa 120-150 µm und die Breite (an der dicksten Stelle) etwa 75-90 µm. Die Oberfläche (Taf. 1, Fig. 2) besteht aus mehr oder weniger verschmolzenen, radiären

Strahlen, die infolge ihrer ontogenetischen Entwicklung durch Dickenwachstum die Zwischenräume zwischen den Strahlen stark verringern. Anschließend beginnt auf den stumpfen Enden die Bildung von mehrzackigen unregelmäßigen Krönchen. Diese Oberfläche ist eine ideale stabile Anheftungsfläche für Bindegewebe.

Bemerkungen

Sterraster sind die Autapomorphie des Taxons Geodiidae GRAY 1867. Es handelt sich dabei um primär radiärsymmetrische Poriferen, die sich durch gut entwickelte Cortexstrukturen auszeichnen, die überwiegend aus Sterrastern bestehen. Neben Sterrastern befinden sich kleine Sphaeraster und cortikale Mikrooxen. Die Megaskleren bestehen meist aus ankerförmigen Triaxonen oder aus mehr oder weniger gleichschenkeligen Tetraoxonen (Calthropse) und Rhabden.

Sterraster oder Rhaxen sind in jurassischen und kretazischen Sedimenten häufig zu finden und sind z.T. gesteinsbildend. Ausführlicher beschrieben wurden fossile Sterraster als Rhaxen u.a. von HINDE (1890, 1893). Er ordnete diese Skleren der Art *Rhaxella perforata* HINDE 1890 zu (Taf. 3, Fig. 1, 2).

Nach phylogenetisch - systematischen Analysen (REITNER 1991) stellt das Taxon Geodiidae ein stammesgeschichtlich früh abgespaltenes Taxon dar. Allerdings fehlten bis dato die paläontologischen Beweise. Diese Lücke konnte durch die Auffindung von Sterrastern aus dem Unterkambrium von Südaustralien geschlossen werden (Taf. 3, Fig. 3, 4). Die Abspaltung der Geodiidae mußte vor dem Mittelkambrium erfolgt sein, da seit dem Mittelkambrium sigmatose Mikrosklern bekannt sind (KRUSE 1990), die eine Autapomorphie des Taxons "Ceractinomorpha" darstellen (REITNER 1991, REITNER & MEHL im Druck).

b. Oxyaster (Taf. 1, Fig. 6)

Von einem zentralen Körper gehen etwa gleichlange, konisch zugespitzte Strahlen

aus, die alle einen Achsenkanal besitzen. Die Strahlen sind etwa 150 µm lang. Der Durchmesser variiert zwischen 320 µm und 350 µm.

Bemerkungen

Aus dem Coniac von Westfalen werden Oxyaster von etwa 450-475 µm Durchmesser von GASSE (1983) beschrieben. Generell befinden sich asterose Mikroskleren nur in Taxa der Tetractinellida (z.B. Geodiidae). Oxyaster repräsentieren einen ursprünglichen Astertypus (REITNER 1991).

c. Chelate Mikroskleren

(Taf. 2, Fig. 1, 3, 5, 7)

Palmate Isochele (Taf. 2, Fig. 1, 3).

Die Gesamtlänge der beobachteten palmaten Isochelen beträgt etwa 225 µm, der Schaft ist sehr schwach gebogen. Die Schaufeln haben etwa eine Länge von 70 µm. Es ist ein breiter Mittelzahn (Alae) von etwa 40 µm Breite ausgebildet.

Bemerkungen

Palmate Isochelen finden sich in den Poeciloscleriden-Taxa *Isodictya*, *Xytopsen*, *Holorodesmia*, *Marcusoldia*, *Antho*, *Clathria*, *Esperiopsis* (SOEST 1984). MOSTLER (1990 a) beschreibt bis dato älteste palmate Isochelen aus dem unteren Lias der nördlichen Kalkalpen.

Anisochele (Taf. 2, Fig. 5, 7)

Die Gesamtlänge dieser nicht eindeutig klassifizierbaren Mikrosklere beträgt etwa 160 µm. Die einzelnen Enden sind unterschiedlich ausgebildet, wobei das eine Ende bogenförmig bis schaufelförmig zurückgebogen ist und das andere Ende zwar zweigeteilt ist, aber keine Alae ausgebildet.

Bemerkungen

Anisochelen treten bei rezenten poeciloscleriden Spongien bei den Gattungen *Mycale*, *Hymedesanisochele*, *Corybas* und *Anomomycale* auf (SOEST 1984). Im fossilen Bericht sind bislang keine Anisochelen be-

schrieben worden. Der hier gemachte Fund stellt somit den ältesten Nachweis von Anisochelen dar. Allerdings läßt sich der hier beschriebene Typ keinem rezenten Taxon zuordnen.

Chelen sind ein wichtiges Merkmal des Taxons Poecilosclerida TOPSENT 1928. Die Megaskleren sind stets monaxon (subtylostyl, acanthostyl), als Mikroskleren treten Chelen, Sigmen und/oder toxiforme Mikrooxen auf (LEVI 1973).

Der älteste Nachweis von Chelen stammt aus dem Karn der Cassianer-Schichten. Es handelt sich um eine hymedesmiide Schwammkruste mit arcuaten Isochelen (REITNER 1991). Vermutlich entwickelte sich das Merkmal "Chele" stammesgeschichtlich relativ spät, vermutlich erst in der Untertrias. Sklerennachweise dieses Typs sind aus dem Paläozoikum nicht bekannt.

d. Diancister (Taf. 2, Fig. 2, 4)

Die Länge der aufgefundenen Diancister beträgt etwa 170 µm. Der Schaft ist nur wenig gebogen. Die nach innen gebogenen Enden weisen eine messerartige Schneide auf, wobei die beiden Enden leider nicht vollständig erhalten geblieben sind.

Bemerkungen

Diancister sind eine Autapomorphie des Taxons *Hamacantha* GRAY 1867 (Biemnidae HENTSCHEL 1923, Poecilosclerida), es stellt das Schwestertaxon der Merliida dar. Die Merliida weisen als Autoapomorphie Clavidisken auf, ein Mikrosklere-Typ der seit dem Lias bekannt ist (MOSTLER 1990 a) und sich vermutlich von den Diancistern ableiten läßt (vgl. REITNER 1991). Clavidisken wurden auch von SCHRAMMEN (1924) aus der Oberkreide Norddeutschlands beschrieben. Das Taxon Merliida / *Hamacanthidae* stellt somit eine phylogenetisch ultrakonservative Gruppe dar. Von der Größenordnung her könnten die hier beschriebenen Diancister mit denen von den Tiefwasser-Taxa *Hamacantha esperioides* und *H. aggaizi* (URIZ 1988) verglichen werden.

MOSTLER (1990a) beschreibt aus dem basalen Jura der nördlichen Kalkalpen verschiedene Diancister-Typen, im Unterschied dazu tritt hier im Untercampan nur der eine Typus auf (vgl. SCHRAMMEN 1924).

e. Toxe (Taf. 2, Fig. 6)

Bogenförmig ausgebildete monaxone Mikrosklere. Ihre Oberfläche ist glatt, und die Enden sind nach rückwärts geschwungen. Bei diesem Exemplar ist ein Ende abgebrochen. Die reale Länge beträgt hier etwa 380 µm, das vollständige Exemplar hätte dann eine Länge von etwa 480-500 µm.

Bemerkungen

Toxen sind bei verschiedenen Taxa der ceractinomorphen Demospongiae bekannt (Haplosclerida, Poecilosclerida). Eine genauere Zuordnung wird hier nicht vorgenommen.

Auffällig ist die erhebliche Größe, wie sie bei Toxen des Taxons *Arcarnus* beobachtet werden. Allerdings wurden keine cladotyloten Skleren der Arcanidae gefunden.

f. Hemidiske (Taf. 1, Fig. 8)

Schirmartig ausgebildete Mikrosklere der Amphidiscophorida (Hexactinellida). Die Länge beträgt etwa 170 µm. Die beiden Enden sind völlig verschieden entwickelt, wobei ein Ende schirmartig zurückgebogen ist. Hier sind sechs Strahlen ausgebildet, die eine Länge von etwa 110 µm haben. Das zweite Ende zeigt eine ankerförmige Struktur mit sehr kurzen Haken.

Bemerkungen

Dieser Sklerentyp tritt erstmals im Mittelkambrium von Australien auf (pers. Mitt. KRUSE). Publiizierte Hemidiskens wurden aus dem Oberkambrium von MOSTLER & MOSLEH-YAZDI (1976) beschrieben und repräsentieren somit ein ultrakonservatives Teiltaxon der Amphidiscophorida, das an

der Kreide/Tertiär-Grenze ausstirbt. In oberkretazischen Sedimenten Norddeutschlands ist dieser Sklerentyp noch relativ häufig vorhanden.

3.2. Monaxone Megaskleren

a. Oxen (Taf. 1, Fig. 5, 7)

Beidseitig zugespitzte glatte diactine Skleren (Amphioxe), die leicht gebogen sein können. Es treten zwei unterschiedliche Typen von Oxen auf. Zum einen schlankere längere Oxen (Taf. 1, Fig. 5), mit einer Länge von 290 µm, und zum anderen kürzere gedrungene Oxen (Taf. 1, Fig. 7), hier mit einer Länge von etwa 225 µm.

Bemerkungen

Dieser Sklerentyp kann nur schwer einem bestimmten Taxon zugeordnet werden, da dieser Typ extrem konvergenzanfällig ist. Vermutlich gehören diese Skleren zum Taxon Haplosclerida.

b. Strongyle (Taf. 1, Fig. 3)

Dieser Typ von diactinen Skleren ist an beiden Enden abgerundet (Amphistrongyl) und von gedrungener Gestalt. Die Länge beträgt 200 µm und der Durchmesser etwa 40 µm.

Bemerkungen

Dieser Typ von Sklere ist sehr wahrscheinlich den Haplosclerida zuzuordnen. Die hier vorliegende Form ist vergleichbar mit den Strongylen des Taxons *Strongylophora* (Petrosiida).

c. Criccoamphioxe (Taf. 1, Fig. 4)

Beidseitig zugespitzter beringter Amphiox. Die Anzahl der Ringe beträgt etwa 14. Diagenetische Prozesse lassen eine genauere Aussage nicht zu. Die Länge beträgt etwa 360 µm.

Bemerkungen

GEYER (1955, 1958) beschreibt eine Zunahme von Ringen aus dem Weißjura (Gamma: bis zu 5, Epsilon: bis zu 9) bis in die Oberkreide (bis zu 14). Diese stratigraphische Aussage mag bei großen Häufigkeiten zutreffen, jedoch zeigt MOSTLER (1976) aus oberrheinischen Sedimenten Einzelfunde mit gleicher Ringanzahl wie bei oberkretazischen Funden. Es handelt sich bei allen Funden aber immer um Criccostyle, nie um Criccoamphioxe. REIF (1967) beschreibt auch nur Criccostyle aus dem Schwäbischen Jura.

d. Subtylostyle (Taf. 2, Fig. 8)

Bei diesem monaxonen Sklerentyp ist ein Ende fast knopfartig verdickt und das andere zugespitzt. Von der Mitte zu dem zugespitztem Ende ist eine Verdickung zu beobachten. Die Länge beträgt etwa 300 µm. Der Durchmesser an der dicksten Stelle beträgt etwa 30 µm.

Bemerkungen

Subtylostyle Skleren sind eine Autapomorphie der Poecilosclerida. Problematisch ist allerdings eine sichere Abgrenzung zu echten tylostylen Megaskleren, wie sie für das Taxon Spirastrellidae typisch sind. Die hier vorliegende Sklere hat allerdings einen poeciloscleriden Charakter.

4. Zusammenfassung

Aufgrund von Einzelfunden isolierter Mikrosklere kann für die Taxa Geodiidae und Poecilosclerida eine Eingrenzung ihrer stammesgeschichtlichen Abspaltungen rekonstruiert werden.

Die Sterraster der stammesgeschichtlich ultrakonservativen Geodiidae werden erstmals im Unterkambrium von Südastralien nachgewiesen und mit den mesozoischen Formen verglichen.

Das Taxon Poecilosclerida ist aufgrund von Chelen seit der Untertrias nachweisbar. Die sehr charakteristischen Dian-

cister des Taxon Hamacanthidae und die Clavidisken der Merliida, dem Adelphotaxon der Hamacanthidae, sind seit dem Lias bekannt.

Sigmatose Mikrosklere, eine Autapomorphie des Taxons Ceractinomorpha, sind schon seit dem Mittelkambrium nachgewiesen.

Dank

Dieses Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Ke 322/5-2) dankenswerterweise finanziell unterstützt. Dem Management der Grube "Alemania" bei Höver wird für die gewährte Unterstützung während der Geländearbeiten herzlich gedankt. Herrn KÖNIG (Hannover) danken die Verfasser für Überlassung von Vergleichsmaterial.

Literatur

- GASSE, W. (1983): Anmerkungen zum Vorkommen von Schwammsklere in den Kreide-Sedimenten Westfalens. - Münster. Forsch. Geol. Paläont., 63: 203-213; Münster.
- GASSE, W., GÖCKER, R. & HILPERT, K.-H. (1988): Oberkretazische Spongien des NW-Münsterlandes -- ein Überblick. - Beitr. Elektronenmikroskop. Direktabb. Oberfl., 21: 385-396; Kassel.
- GEYER, O. (1955): Über quergeringelte Spiculae (Silicospongia) aus dem schwäbischen Malm. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1955: 391-395; Stuttgart.
- GEYER, O. (1958): Über Schwammnadeln aus dem Weißen Jura Gamma von Würgau (Oberfranken). - Ber. naturforsch. Ges. Bamberg, 36: 9-14; Bamberg.
- HINDE, G.J. (1890): A new Genus of Siliceous Sponges from the Lower Calcareous Grit of Yorkshire. - Quart. J. geol. Soc., 46: 54-61; London.
- HINDE, G.J. (1893): A Monograph of the British fossil Sponges. Part. III. Sponges of the Jurassic Strata. - Palaeontogr. Soc., 1893, 189-254; London.
- KRÜGER, S. (1978): Zur Taxonomie und Systematik isolierter Schwammsklere mit Beispielen aus der Unter-Kreide

- Ostniedersachsens. - Mitt. geol. Inst. Tech. Univ. Hannover, 15: 3-84; Hannover.
- KRUSE, P.D. (1990): Cambrian palaeontology of the Daly Basin. - Northern Territory Geol. Survey, Report 7: 58 S.; Darwin.
- LEVI, C. (1973): Systématique de la classe des Demospongiaria (Demosponges). - In: GRASSE, P.P. (ed.): *Traité de Zoologie*, III (1): 577-631; Paris (Masson et C^{ie}).
- MOSTLER, H. (1976): Poriferenspiculae der alpinen Trias. - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 6: 1-42; Innsbruck.
- MOSTLER, H. (1990 a): Mikroskieren von Demospongien (Porifera aus dem basalen Jura der Nördlichen Kalkalpen. - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 17: 119-142; Innsbruck.
- MOSTLER, H. (1990 b): Hexactinellide Poriferen aus pelagischen Kielkalken (Unterer Lias, Nördliche Kalkalpen). - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 17: 143-178; Innsbruck.
- MOSTLER, H. & MOSLEH-YAZDI, A. (1976): Neue Poriferen aus oberkambrischen Gesteinen der Milaformation im Elburzgebirge (Iran). - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 5: 1-36; Innsbruck.
- REIF, W.-E. (1967): Schwammspicula aus dem Weissen Jura Zeta von Nattheim (Schwäbische Alb). - *Paleontographica*, A, 127: 85-107; Stuttgart.
- REITNER, J. (1991): "Sclerospongia". Der Versuch einer phylogenetisch-taxonomischen Analyse. - Unveröff. Habilitationsschrift, Fachber. Geowiss. der FU-Berlin, 413 S.; Berlin.
- REITNER, J. & MEHL, D. (1991): Monophyly and Systematics of Porifera. - *Verh. naturwiss. Ver. Hamburg* (im Druck).
- SCHRAMMEN, A. (1924): Die Kieselspongien der oberen Kreide von Nordwestdeutschland (III. und letzter Teil). - *Monogr. zur Geol. und Paläont.*, Ser. I, H. 2, 159 S.; Berlin (Bornträger).
- SOEST, van R.M.W. (1984): Marine Sponges from Curaçao and other Caribbean Localities. Part III. Poecilosclerida. - *Studies on the Faunas of Curaçao and other Caribbean Islands*, 66 (199): 1-167; Utrecht.
- URIZ, M.J. (1988): Deep-water sponges from the continental shelf and slope off Namibia (southwest Africa): Classes Hexactinellida and Demospongiae. - *Monogr. Zool. Mar.*, 3: 1-157.

Tafel 1

Funde aus dem unteren Campan der Grube "Alemania" bei Höver. Skleren sekundär verkieselt.

Fig. 1. Sterraster (Rhax), Rasterelektronenmikroskopisches (REM)-Bild, Maßstab 50 µm.

Fig. 2. Detailaufnahme der Oberfläche von Fig. 1, REM-Bild, Maßstab 10 µm.

Fig. 3. Strongyl, REM-Bild, Maßstab 50 µm.

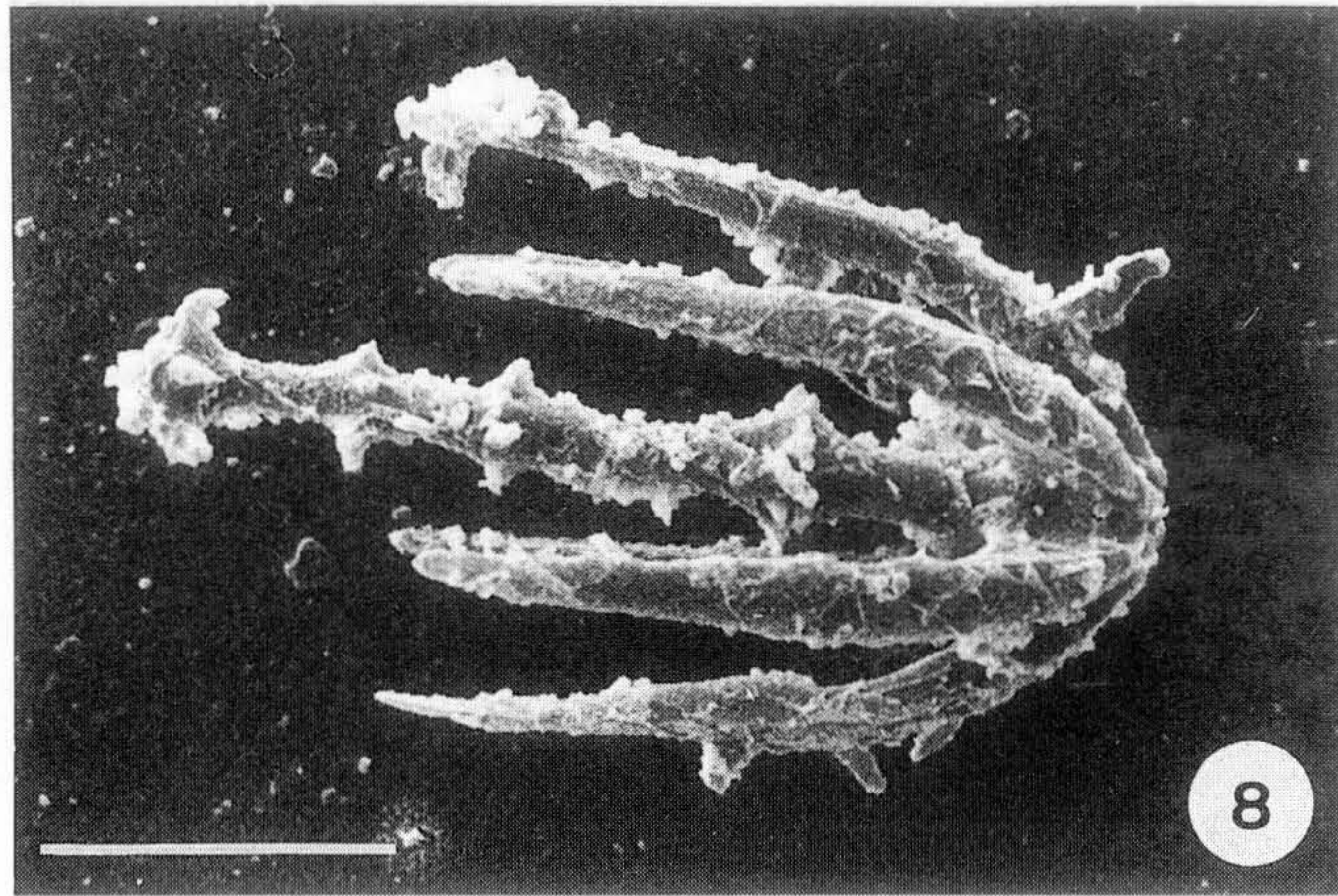
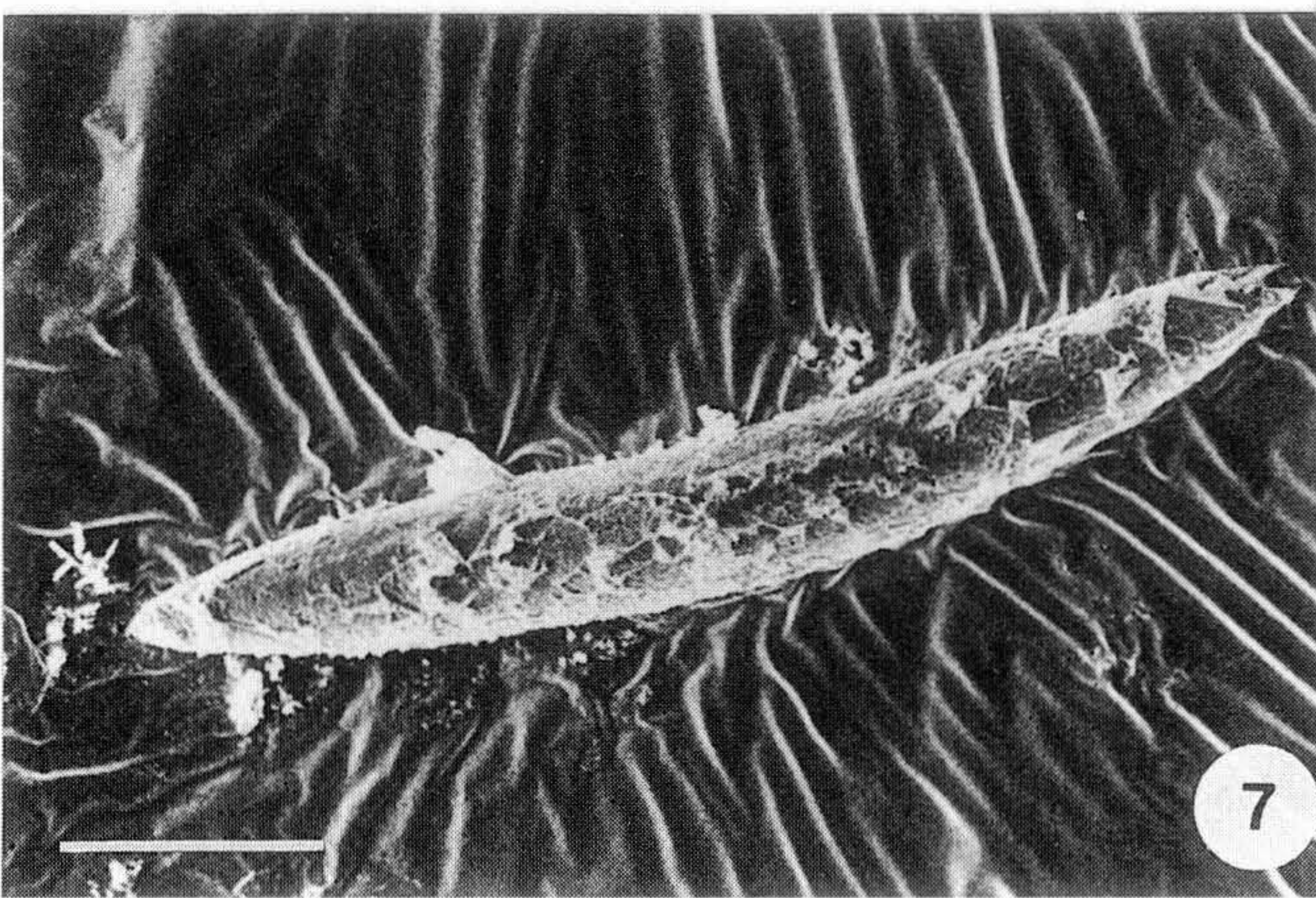
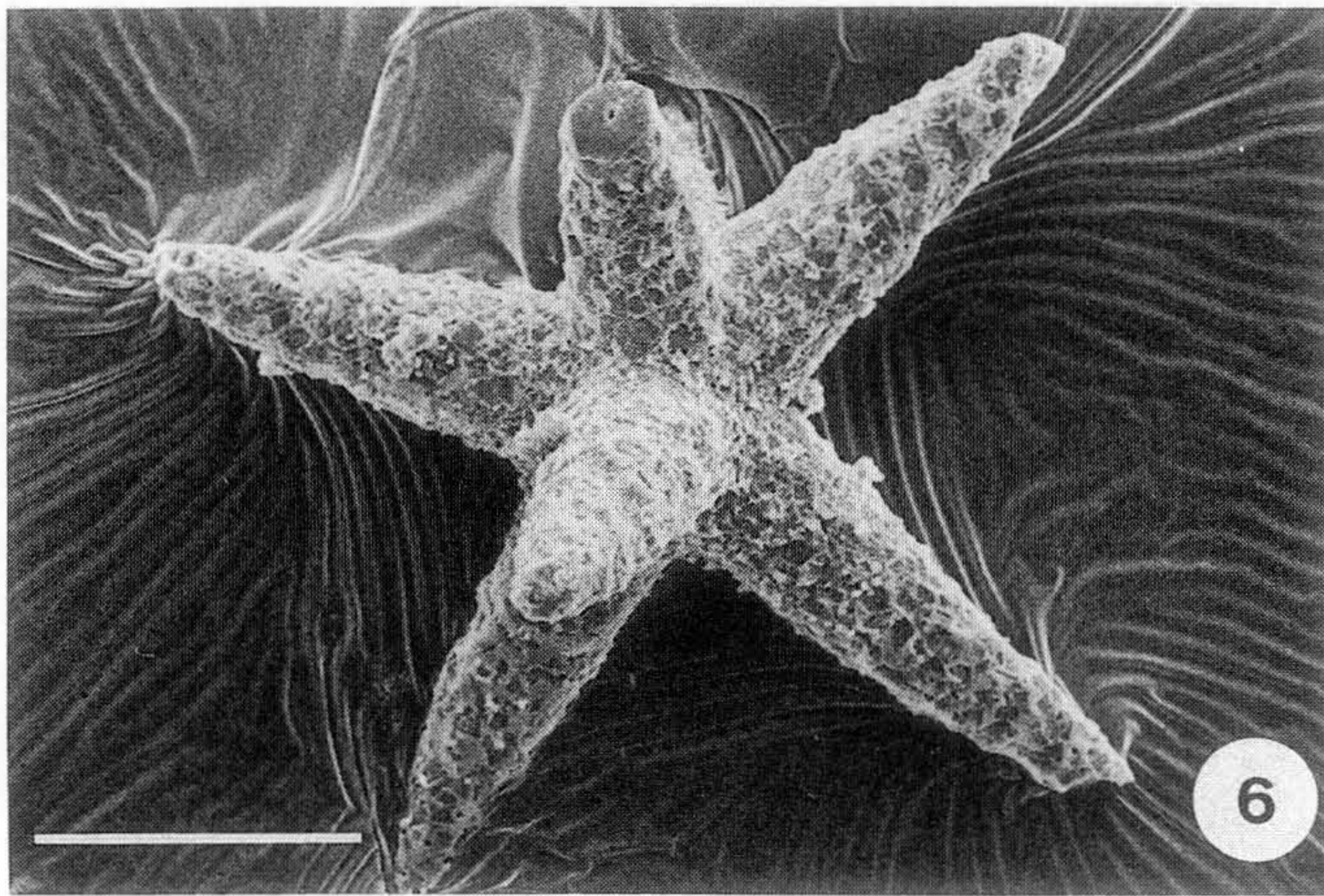
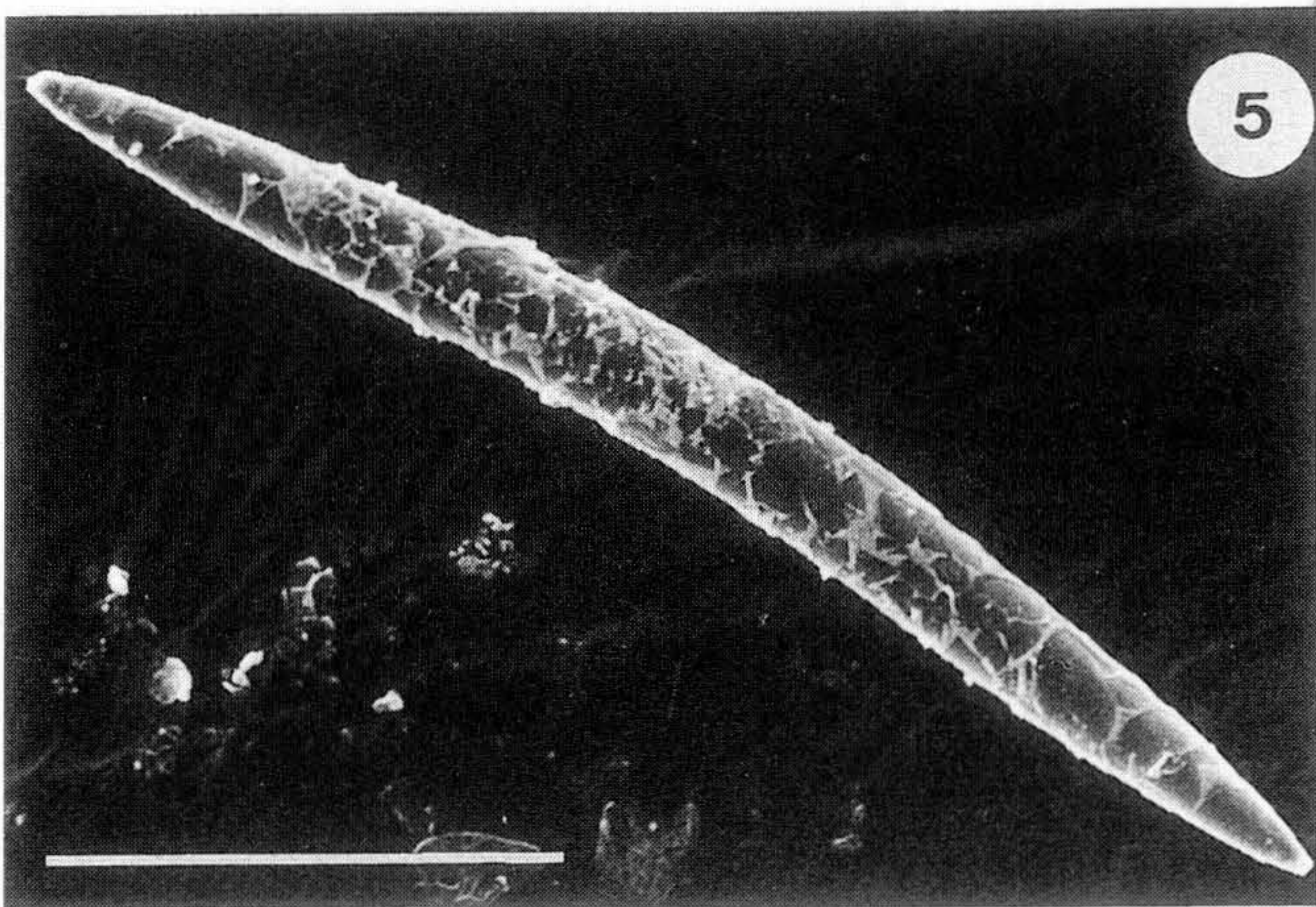
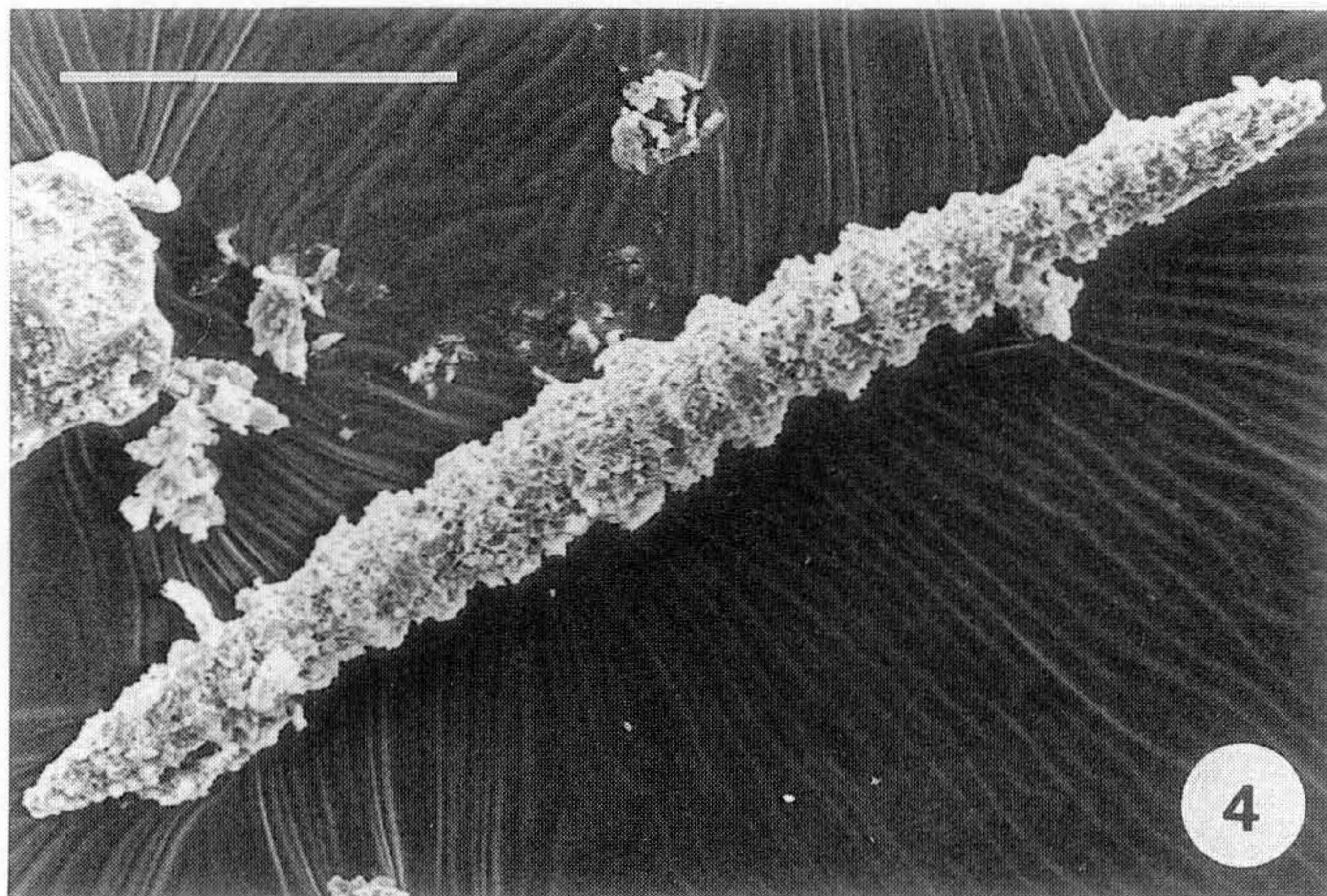
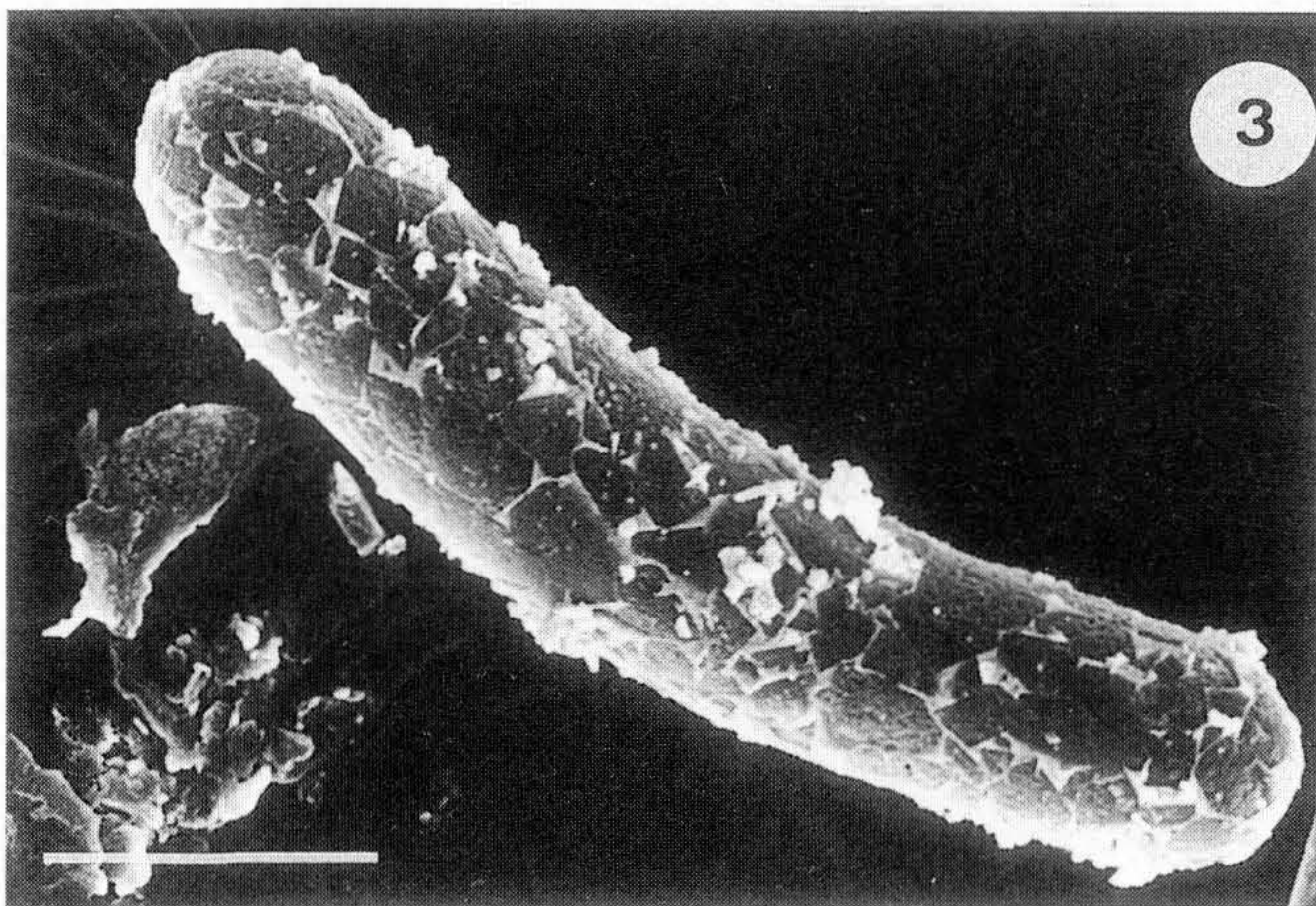
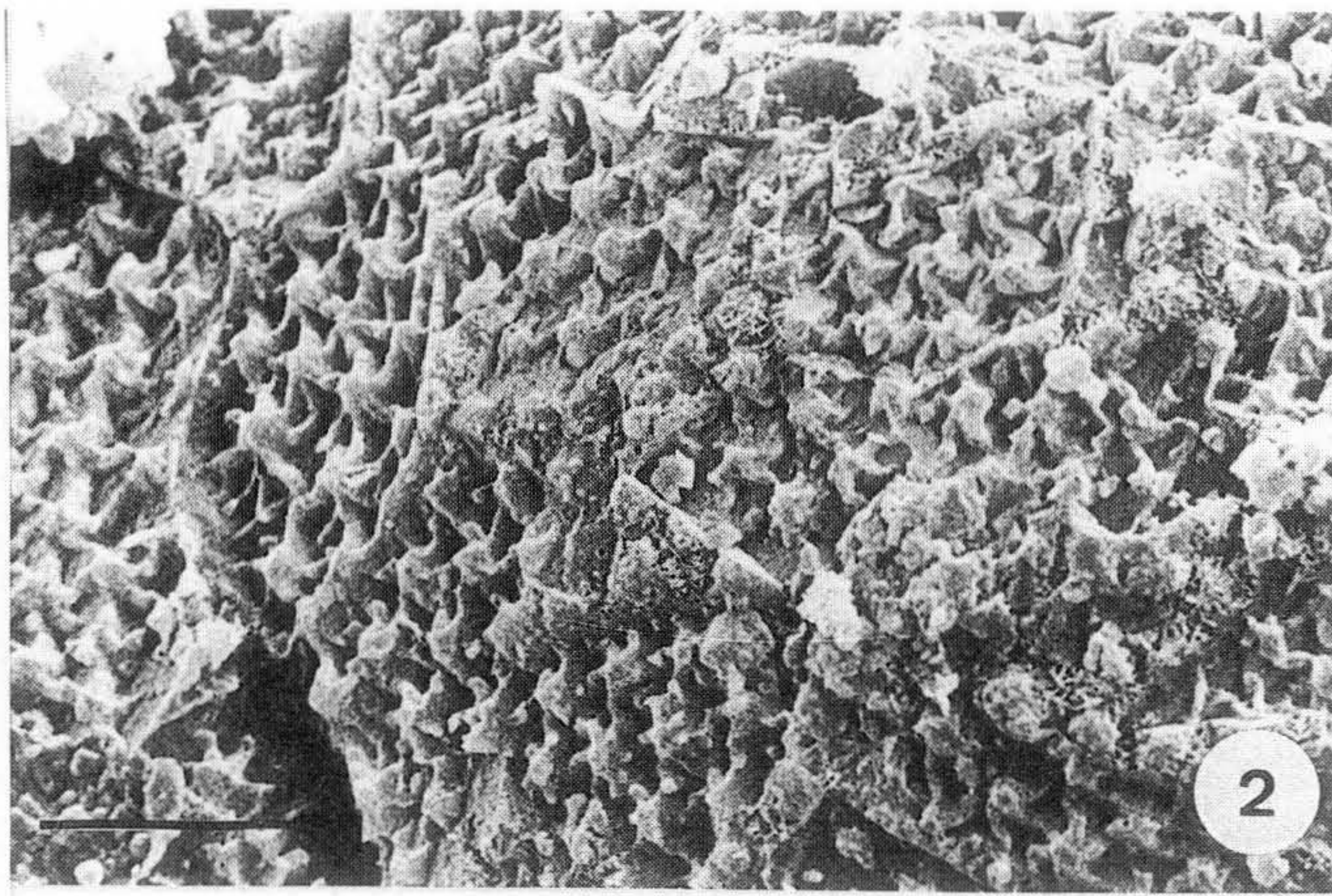
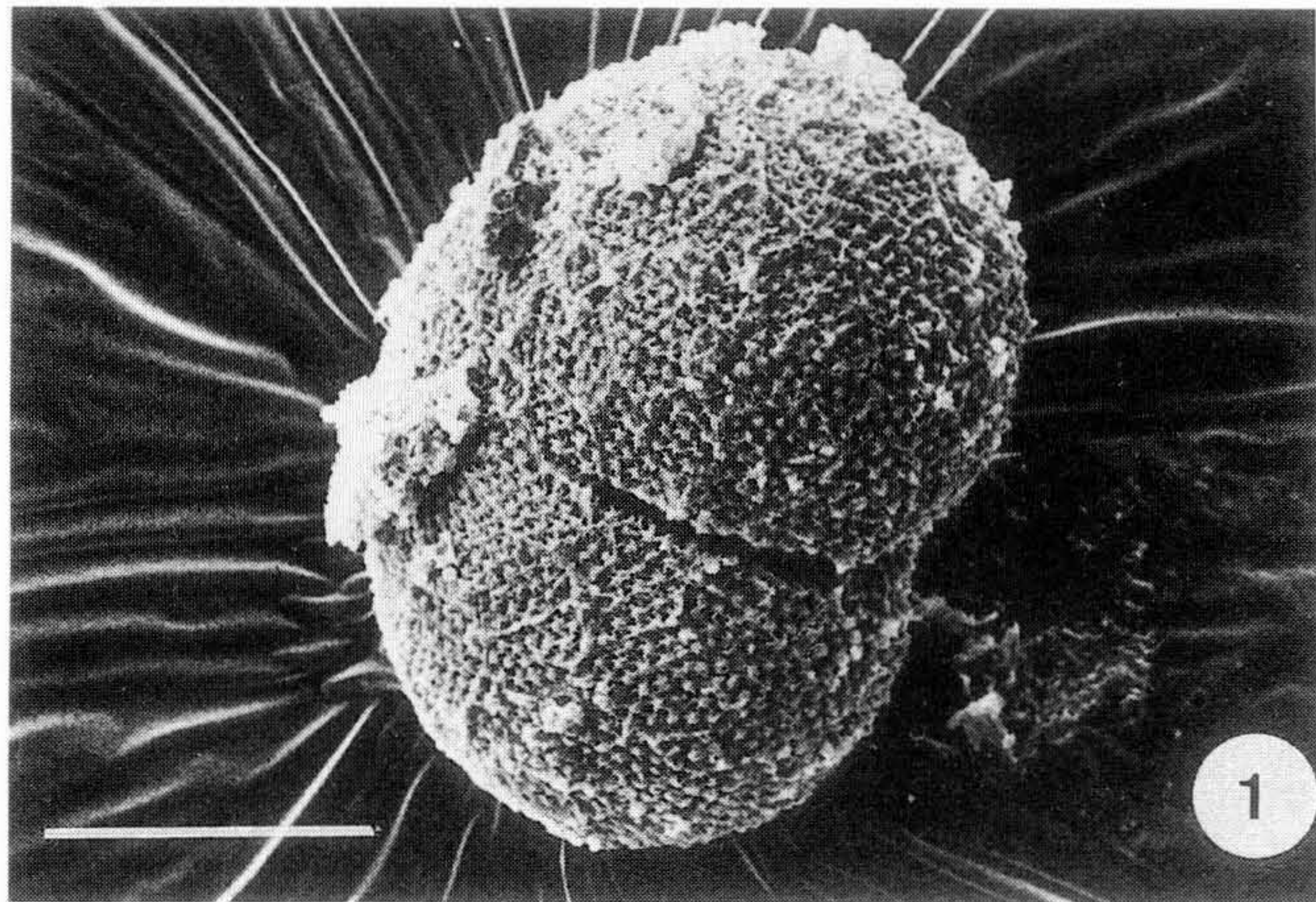
Fig. 4. Criccoamphiox, REM-Bild, Maßstab 100 µm.

Fig. 5. Amphiox, REM-Bild, Maßstab 100 µm.

Fig. 6. Oxyaster, REM-Bild, Maßstab 100 µm.

Fig. 7. Amphiox, REM-Bild, Maßstab 50 µm.

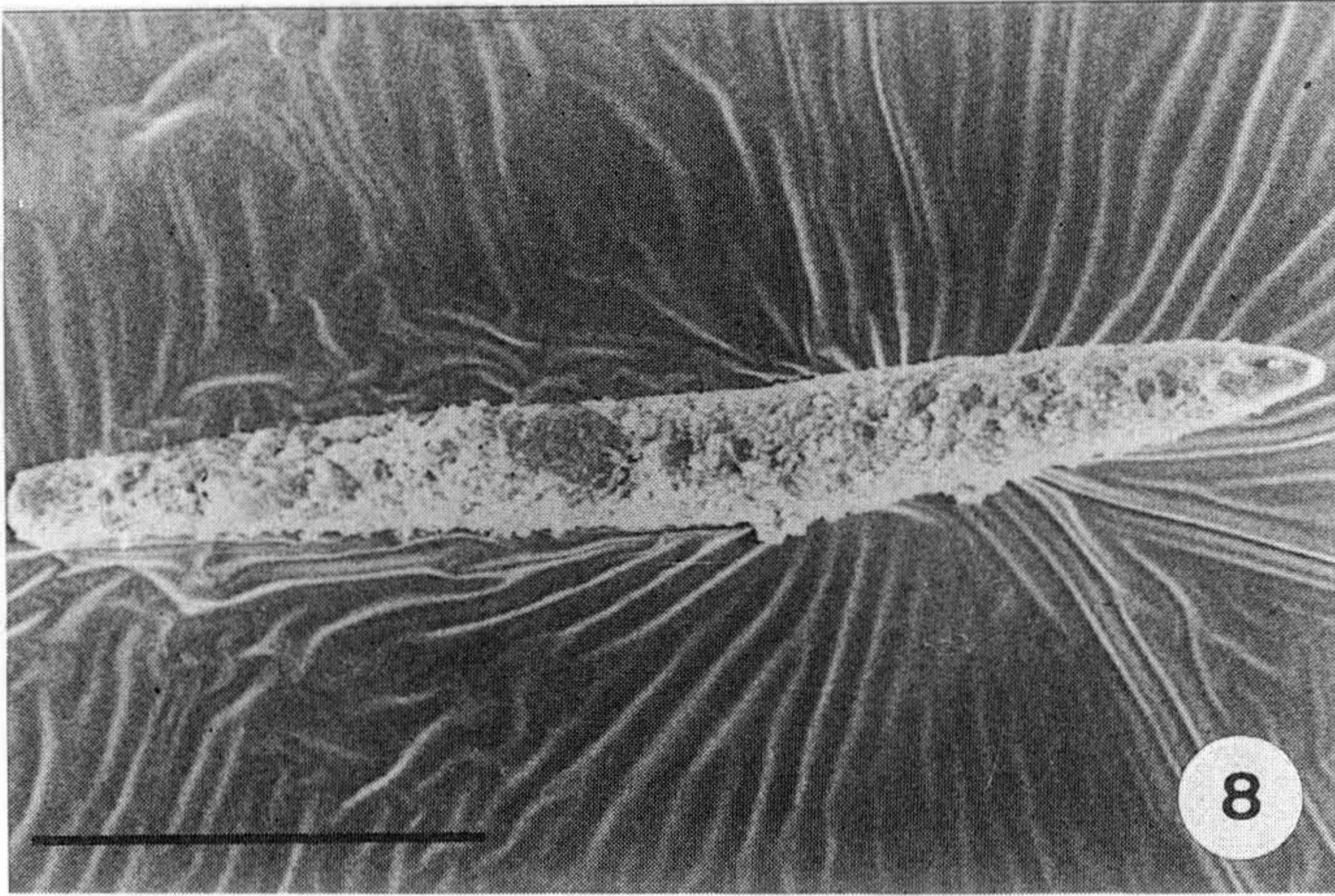
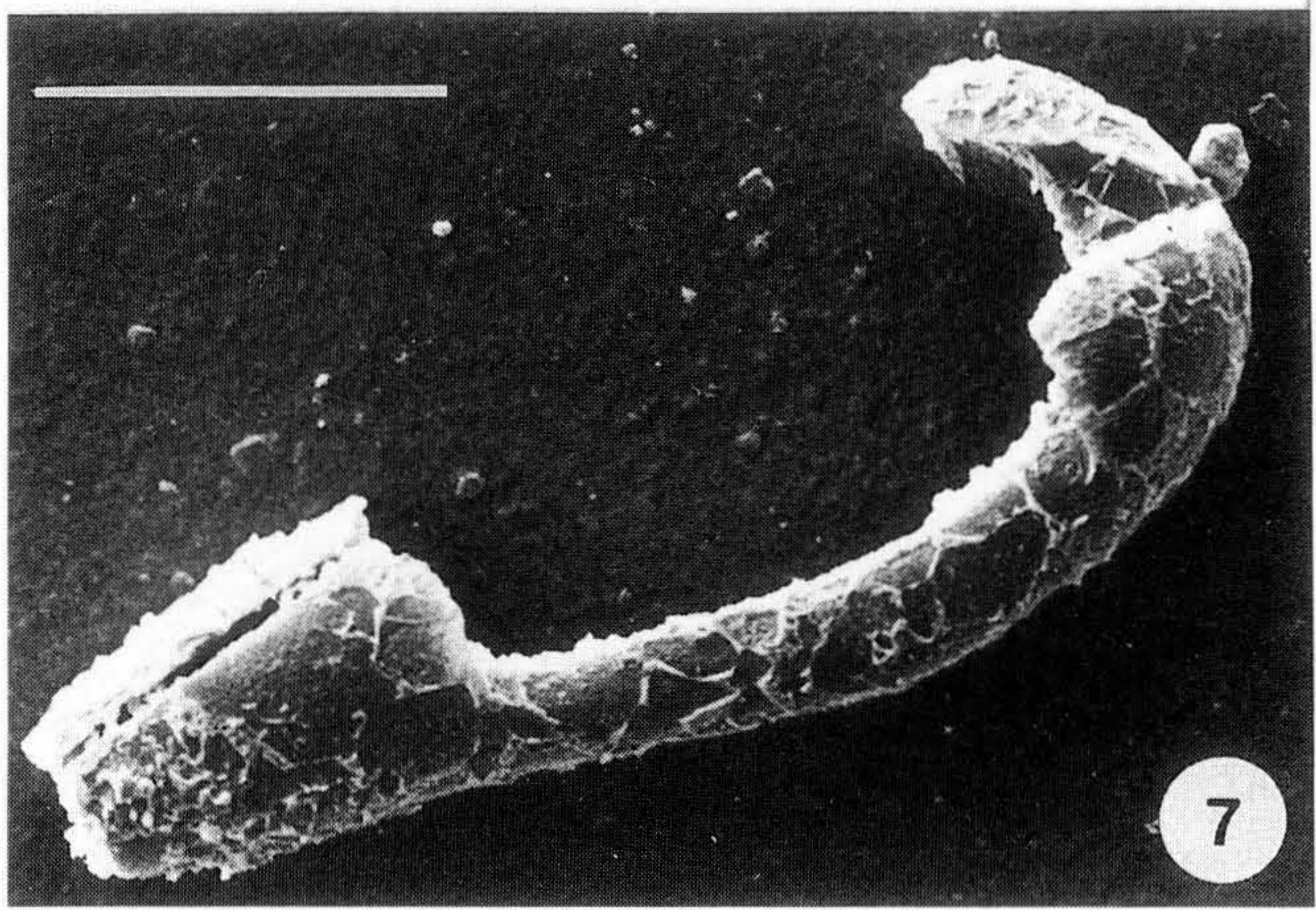
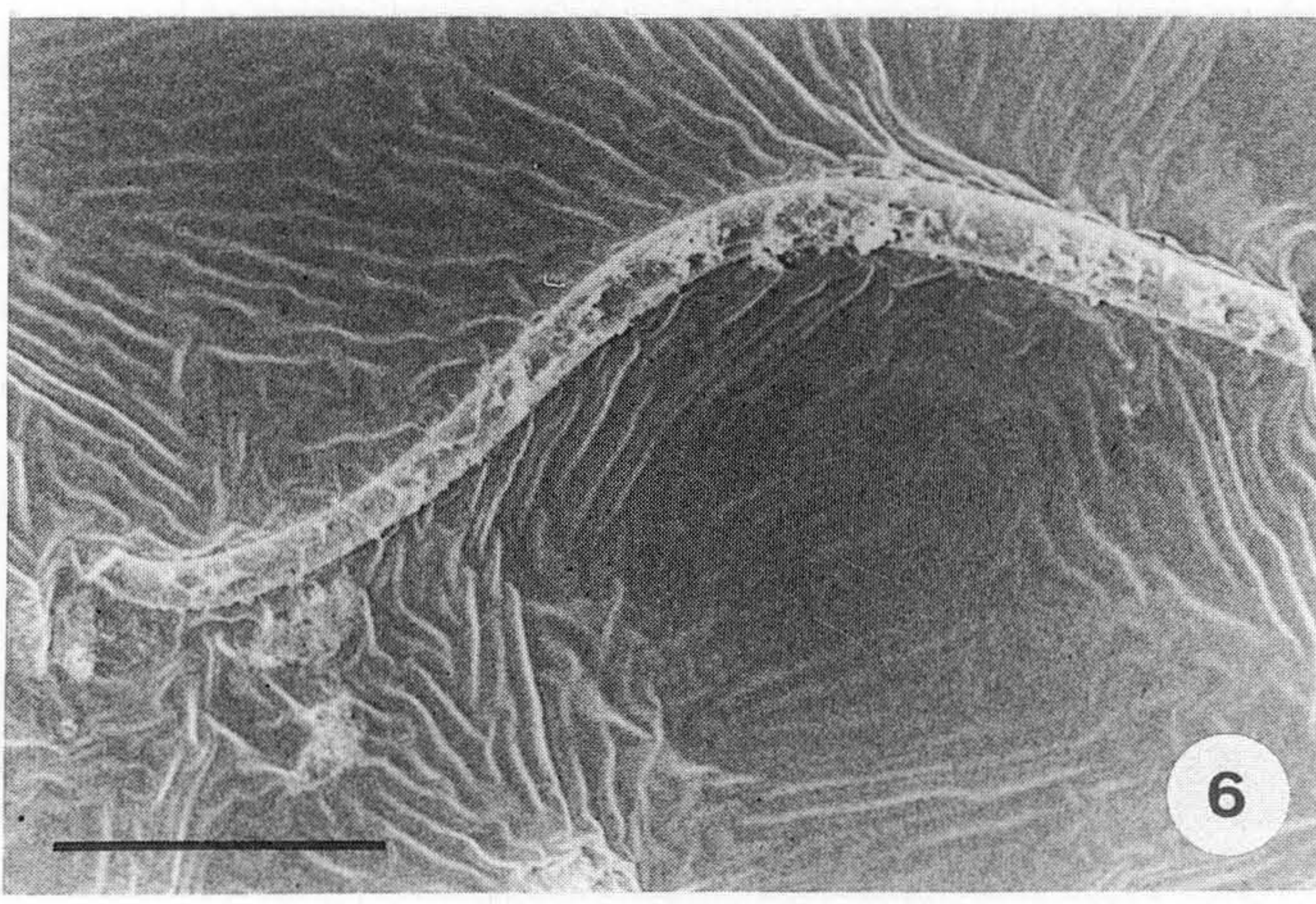
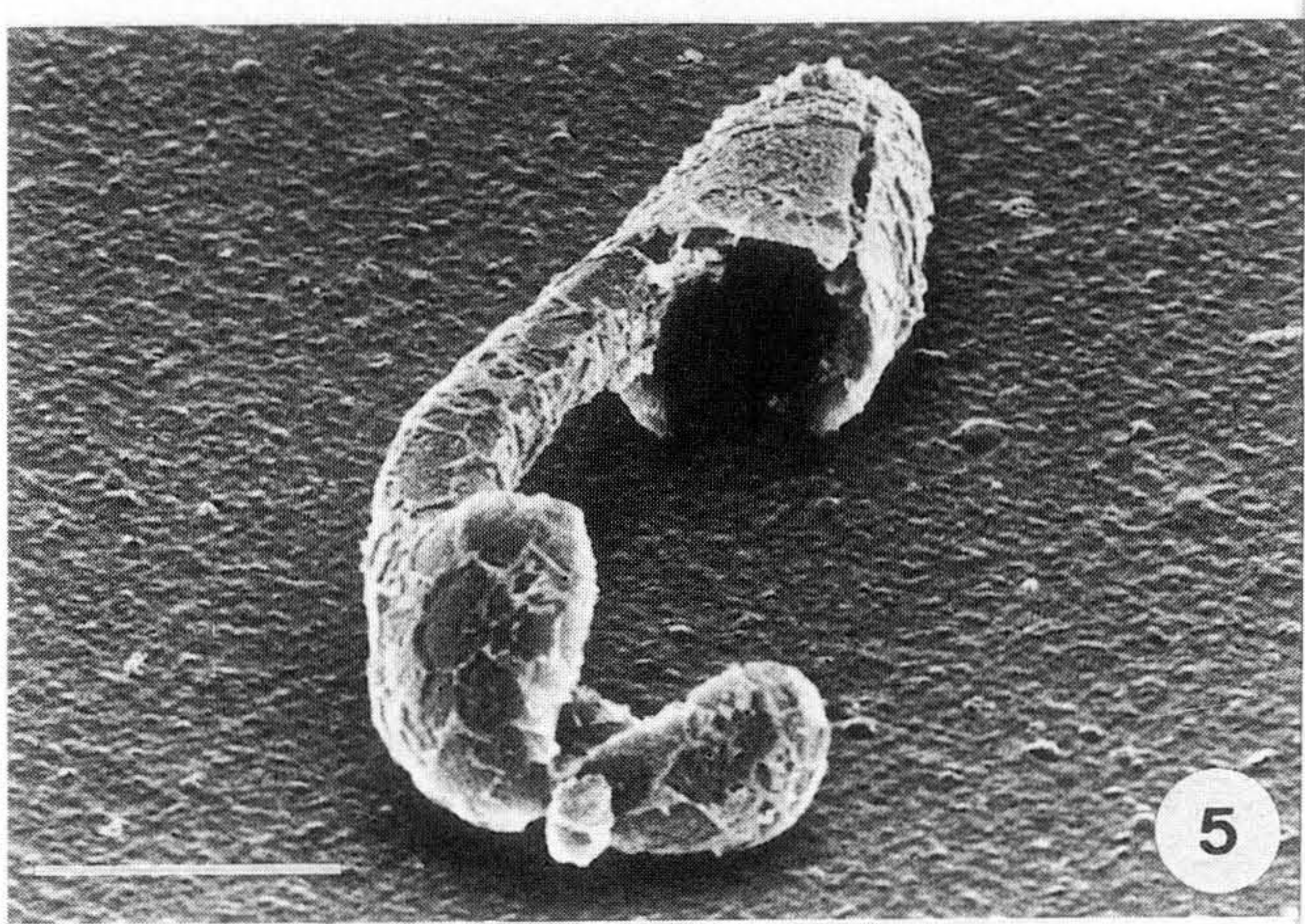
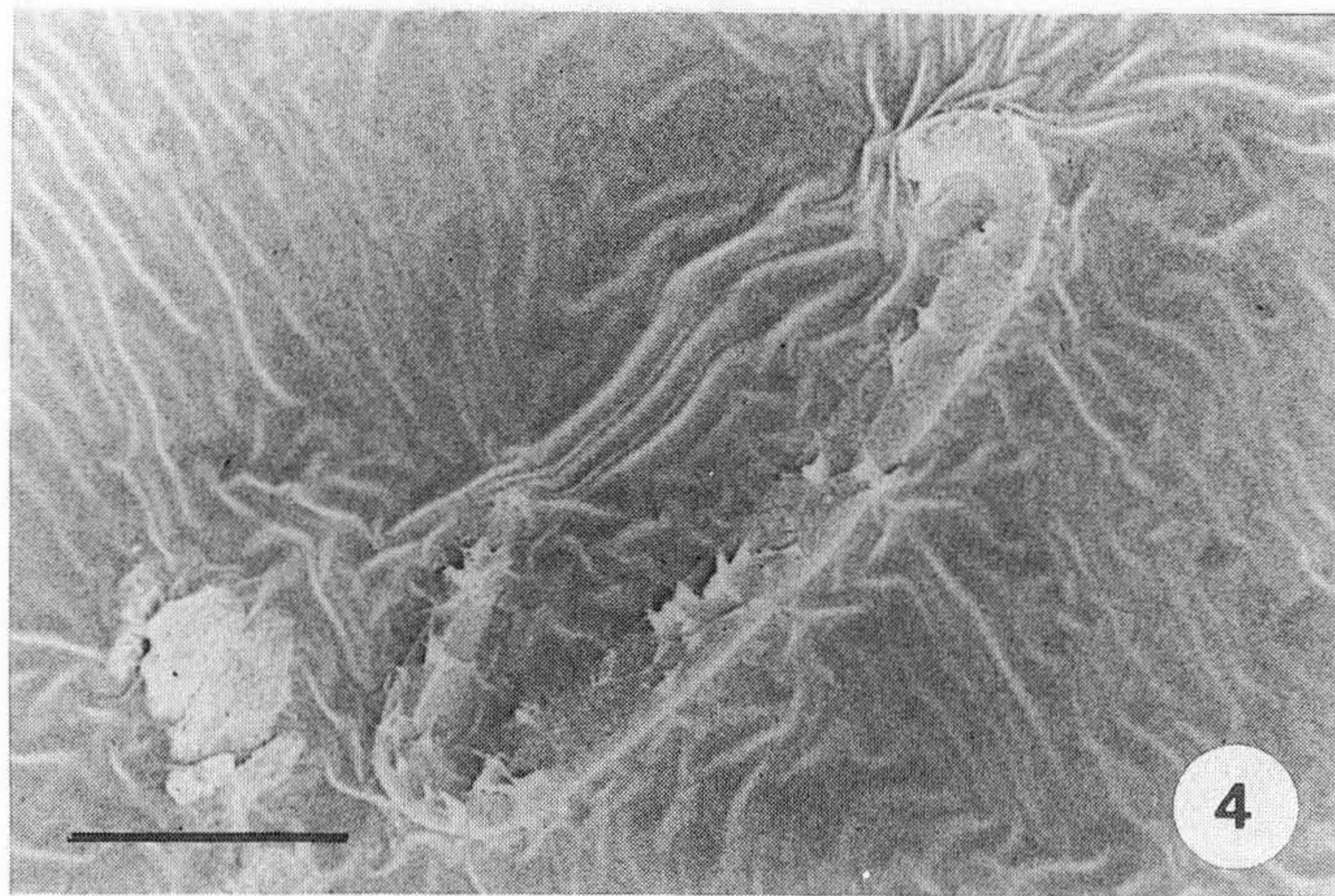
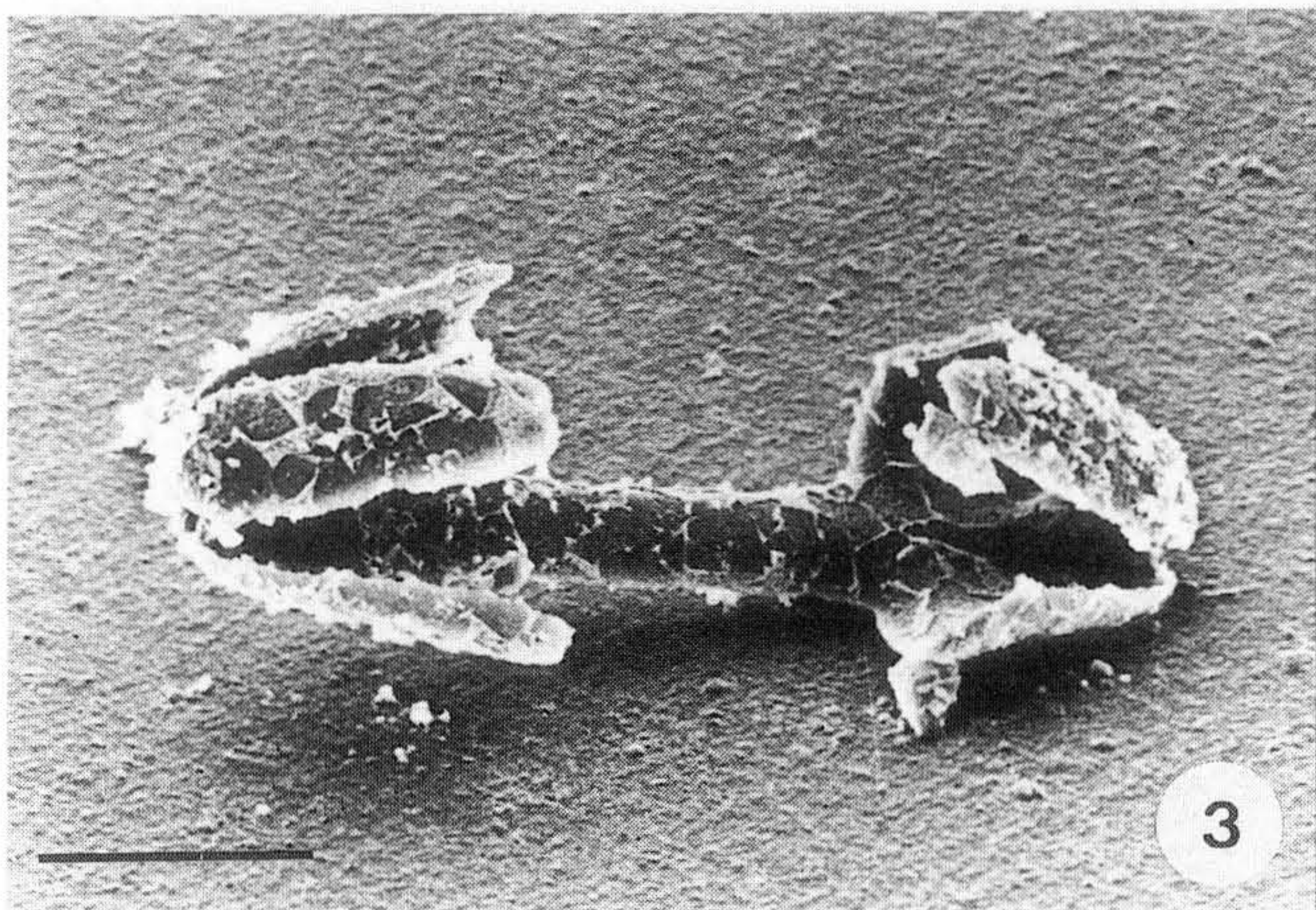
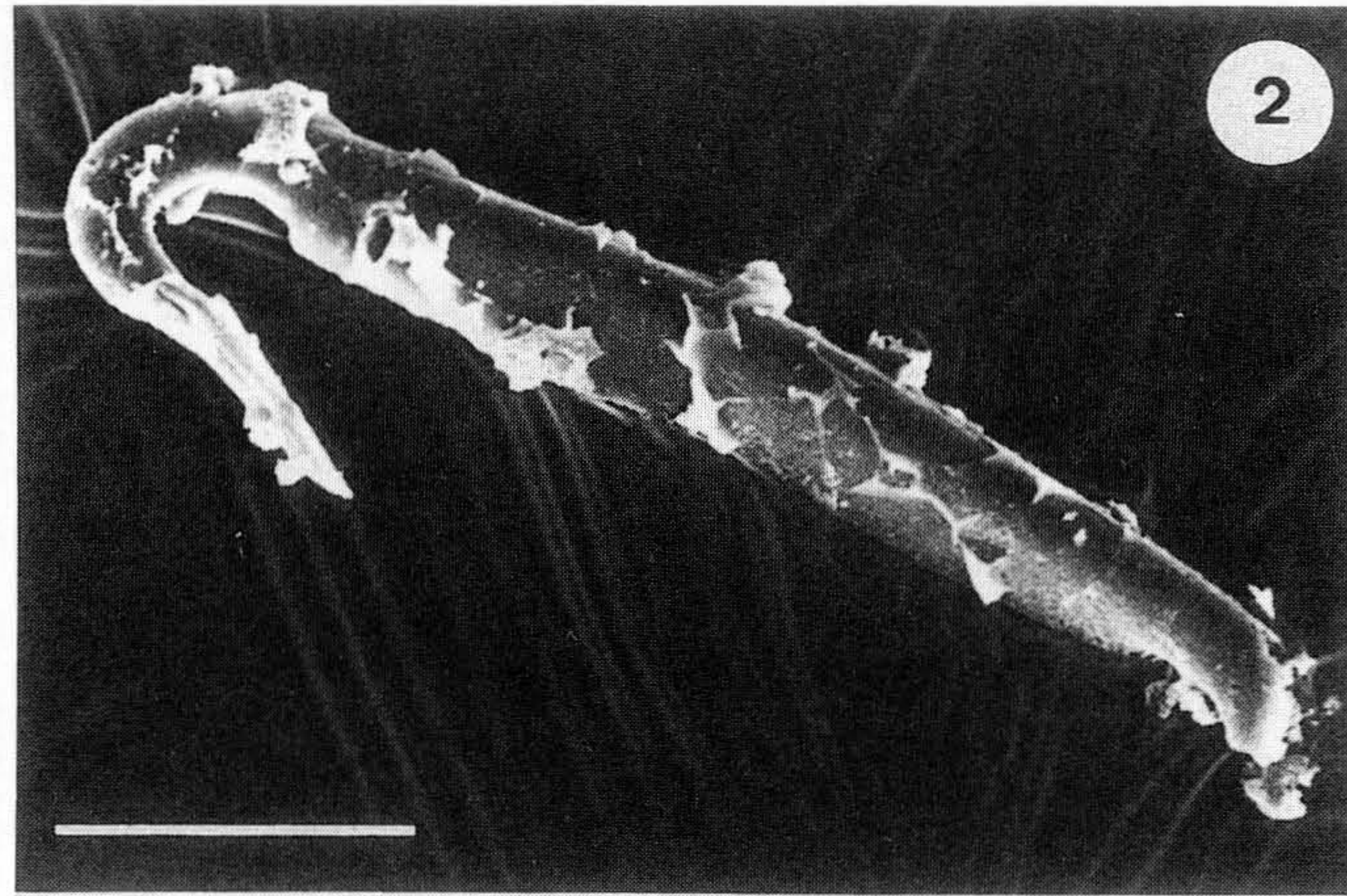
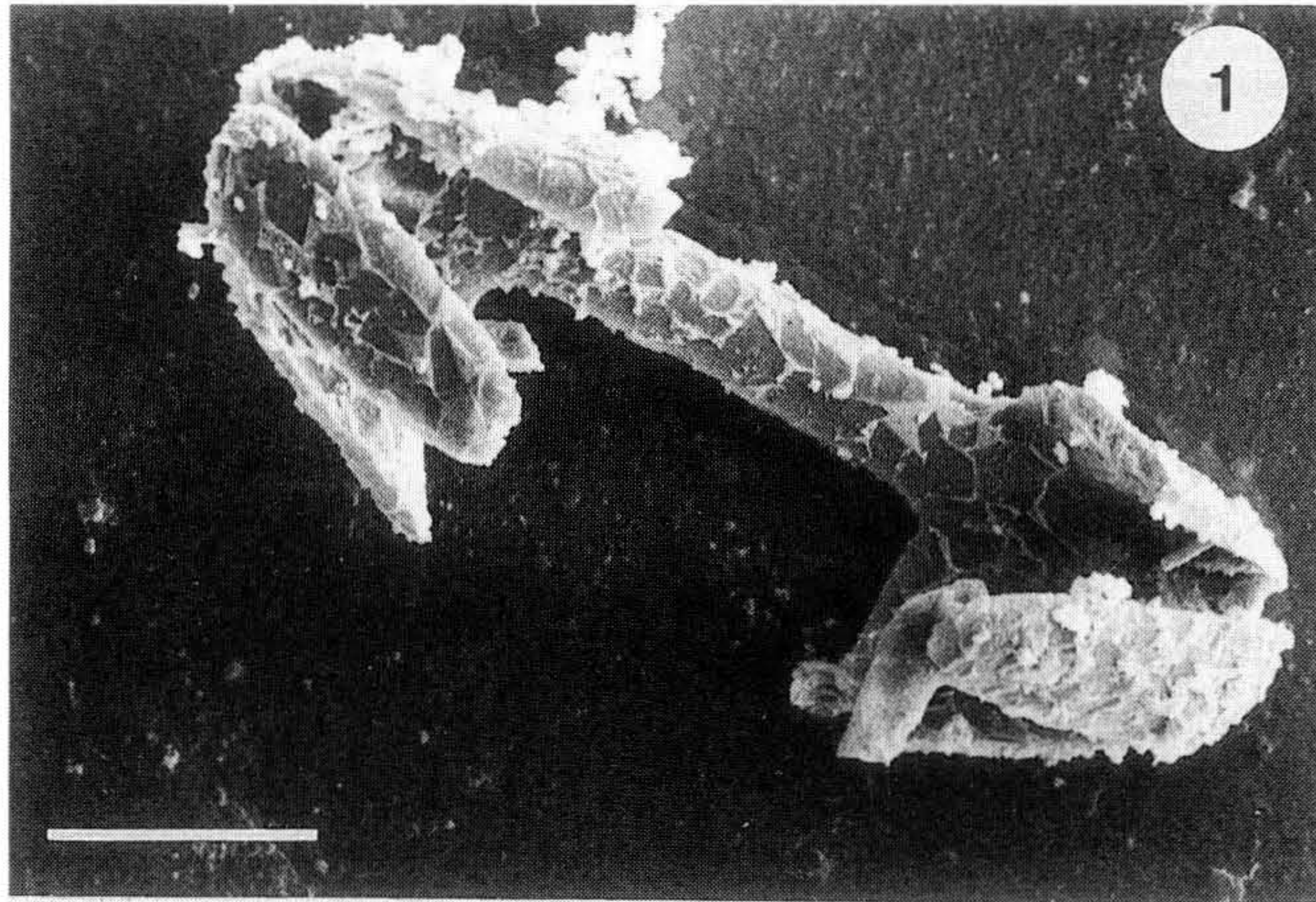
Fig. 8. Hemidisk, REM-Bild, Maßstab 50 µm.



Tafel 2

Funde aus dem unteren Campan der Grube "Alemania" bei Höver. Skleren sekundär verkieselt.

- Fig. 1. Isochele, REM-Bild, Maßstab 50 μm .
- Fig. 2. Diancister, REM-Bild, Maßstab 50 μm .
- Fig. 3. Isochele, REM-Bild, Maßstab 50 μm .
- Fig. 4. Diancister, REM-Bild, Maßstab 50 μm .
- Fig. 5. Anisochele , REM-Bild, Maßstab 50 μm .
- Fig. 6. Toxe, REM-Bild, Maßstab 100 μm .
- Fig. 7. Anisochele, REM-Bild, Maßstab 50 μm .
- Fig. 8. Subtylostyl, REM-Bild, Maßstab 100 μm .



Tafel 3

- Fig. 1. *Rhaxella perforata* HINDE 1890; Original zu HINDE 1893, Taf. 13., Fig. 7c British Museum, Nat. Hist. Nr. G.3832 "Lower Calcareous Grit" = unteres Oxfordium von Yorkshire.
Im Cortexbereich angereicherte Rhaxen (Sterraster);
Sekundär verkieselt;
Lichtmikroskopisches Bild (LM); Maßstab 150 µm.
- Fig. 2. Sterraster von *Rhaxella perforata* HINDE 1890; Pfeil gibt Lage des Zellkerneindrucks an.
(Detailvergrößerung von Fig.1), LM-Bild, Maßstab 50 µm.
- Fig. 3. Vier Sterraster (s) aus dem Unterkambrium (Botomium, Faunal Assemblage 2, Upper Wilkawillina Limestone nahe der Old Wirrealpa Mine der Flinders Ranges, Südastralien);
Skleren diagenetisch durch Kalzit ersetzt.
Titriplex-Ätzung; REM-Back Scatter-Bild; Maßstab 200 µm.
- Fig. 4. Sterraster, Detailvergrößerung von Fig. 3; Pfeil gibt Lage des Zellkern-Eindrucks an; REM-Back Scatter-Bild, Maßstab 50 µm.

